

# Estimation of Hydrogen Gas Production from Oxidation Process of Zirconium Cladding with Water Vapor in Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Unit One at Japan after Earthquake and Tsunami in 2011\*\*

Endang Lestari<sup>a\*</sup>, Elin Yusibani<sup>a</sup>, Zulkarnain Jalil<sup>a</sup>, Asril Pramurtadi<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Jurusan Fisika, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Indonesia 23111

<sup>b</sup>Jurusan Teknik Informatika, Universitas Serang Raya, Serang-Cilegon km 5 Taman drangong Serang-Banten, Indonesia

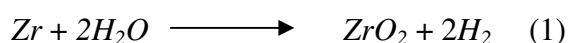
*Received August, 2014, Accepted October, 2014*

*It has been an explosion at the Fukushima Daiichi NPP caused by the fusion reaction between hydrogen and oxygen. Hydrogen is believed to be generated one of which comes from the oxidation reaction between the fuel cladding and water vapor in the reactor core due to the failure of coolant (LOCA=Loos of Coolant Accident). This study aims to estimate the amount of hydrogen gas that accumulates in the reactor core theoretically by using a model based on equilibrium mole of a chemical reaction. The zirconium cladding material is set as a limiting reagent that limits the formation of hydrogen in the reactor core. The estimation results show that the amount of hydrogen accumulated in the reactor is directly proportional to the mass of the oxidized zirconium with water vapor. The amount of hydrogen that accumulates for one fuel rod reaches 0.018 kg, for one assembly is 1.10 kg and for overall at Unit One reaches 441 kg, which these results have been enough to blow up the reactor.*

**Keywords :** Fukushima Daiichi, LOCA, Zirconium, Hydrogen, Mole Model

## Pendahuluan

Reaktor nuklir adalah tempat atau perangkat dimana reaksi berantai dibuat, diatur dan dijaga kesinambungannya pada laju yang konstan. Reaksi berantai yang terjadi didalam reaktor nuklir akan menghasilkan energi panas dalam jumlah yang cukup besar. Energi panas tersebut akan menghasilkan uap panas. Dalam penanganannya uap panas membutuhkan proses khusus saat pemindahan panas. Namun jika pemindahan panas gagal dikendalikan maka dapat menyebabkan kecelakaan. Pada temperatur 1300 K selongsong bahan bakar didalam teras reaktor akan teroksidasi oleh uap air, Reaksi pemodelan yang dihasilkan antara zirkonium alloy dan uap air sebagai berikut.



Reaksi kimia antara selongsong zirkonium *fuel cladding* dan uap air pada temperatur tinggi akan menghasilkan hidrogen dalam jumlah besar (IRSN,

2007). Penyebab ledakan reaktor di pembangkit listrik tenaga nuklir Fukushima Daiichi unit satu menurut beberapa literatur dikarenakan oleh terakumulasinya jumlah hidrogen di dalam teras reaktor. Dengan demikian perlu diadakan penelitian untuk mengestimasi jumlah hidrogen yang terakumulasi pada reaktor tersebut. Estimasi jumlah gas hidrogen yang terakumulasi di dalam reaktor Fukushima Daichi Unit Satu, pada penelitian ini, dihitung dengan menggunakan model mol berdasarkan kesetaraan jumlah mol dalam waktu yang tidak ditentukan dan tekanan yang juga diabaikan pada suhu diatas 1300 K.

## Metodologi

Berdasarkan studi literatur produksi hidrogen di dalam teras reaktor pembangkit listrik tenaga nuklir Fukushima Daiichi akibat gempa dan tsunami, didapatkan bahwa hasil kontribusi terbesar hidrogen yang terakumulasi di dalam teras reaktor berasal

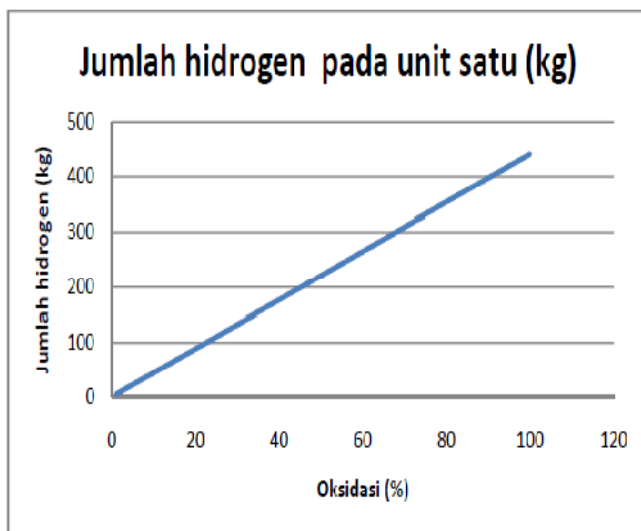
\*Email: lestari199218@yahoo.com

\*\* Paper ini telah dipresentasikan pada internasional conference ICONES 2014 ke-dua di Banda Aceh, Indonesia

dari reaksi oksidasi antara selongsong dan uap air pada suhu tertentu (Eq. 1), kemudian berdasarkan kesetaraan model mol maka didapatkan hasil produk berupa hidrogen. Dengan memasukkan parameter input seperti: tinggi fuel rod, diameter fuel rod, ketebalan cladding serta jumlah rod dan assembli pada unit satu, maka kita dapat mengetahui jumlah mol zirkonium di dalam teras reaktor. kemudian berdasarkan data dari referensi, jumlah uap air yang dihasilkan dapat pula diketahui. Dengan parameter-parameter tersebut diatas dan hukum kesetimbangan mol untuk persamaan 1, maka kita dapat mengestimasi jumlah hidrogen yang terproduksi apabila 25% hingga 100% fuel rod teroksidasi dan kemudian menganalisa data hasil estimasi. Untuk memudahkan perhitungan penulis telah membuat modul (code) yang diberi nama ZROTA (lestari, 2014).

### Hasil Penelitian

Hasil estimasi menunjukkan jumlah hidrogen yang terakumulasi dalam reaktor Fukushima Daiichi unit satu adalah berbanding lurus dengan reaksi oksidasi zirkonium yang terjadi, yakni semakin banyak selongsong bahan bakar yang teroksidasi maka semakin besar pula jumlah hidrogen yang terakumulasi dalam reaktor tersebut baik untuk satu rod, satu assembli hingga pada unit satu Fukushima Daiichi.



Gambar 1. Grafik hubungan jumlah hidrogen dan oksidasi pada reaktor unit satu Fukushima Daiichi.

Gambar 1 menunjukkan Simulasi yang dilakukan untuk satu unit apabila zirkonium teroksidasi dari 0 - 100 %. Jumlah hidrogen yang terakumulasi pada unit satu Fukushima Daiichi sebanyak 441 kg dimana jumlah produksi hidrogen tersebut sudah dapat meledakkan bangunan reaktor.

### Kesimpulan

Pada penelitian ini penulis telah berhasil mengestimasi jumlah hidrogen yang terakumulasi pada reaktor unit satu Fukushima Daiichi Jepang menggunakan salah satu konsep produksi hidrogen dengan menggunakan persamaan sederhana. Jumlah hidrogen yang terakumulasi didalam reaktor nuklir unit satu Fukushima Daiichi mencapai 441 kg dan jumlah tersebut sudah dapat meledakkan bangunan reaktor tersebut. Untuk mempermudah perhitungan telah dibuat sebuah (code) yang diberi nama ZROTA yang dapat digunakan untuk mensimulasi akumulasi hidrogen pada teras reaktor nuklir akibat gagal nya pendingin (LOCA=Loss Of Coolant Accident) diakibatkan oleh peristiwa oksidasi antara selongsongan bahan bakar berbahan zirkonium dan uap air pada suhu tertentu.

### DaftarPustaka

- Chang, Raymond. 2005. *Konsep-Konsep Inti edisi ketiga jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- IRSN. 2007. *Research And Development With Regard To Severe Accident In Pressurised Water Reactors: Summary and outlook*.
- TEPCO Final Report. 2012. *Investigasion Commitee On The Accident At Fukushima Nuclear Power. Station Of Tokyo Electic Power Company*.
- Young, Hugh. D., dan Fredman, Roger. D. 2003. *University Physics 9<sup>th</sup> ed*. Addison- Wesley Publishing Company, INC.
- West, J. M. and W. K. Davis. 2001. *The Creation And Beyond: Evolutions In US Nuclear Power Development*. Nuclear News.
- Lestari, Endang, (2014), “ *Estimasi Jumlah Gas Hidrogen Dampak Reaksi Oksidasi Selongsongan Bahan Bakar Nuklir dan Uap Air Pada Fukushima Daiichi NPP Unit Satu Pasca Gempa dan Tsunami*”, Skripsi Sarjana Jurusan Fisika FMIPA Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.